

**THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re the Application of : Norihiko SHINOMIYA, et al.

Filed : Concurrently herewith

For : PROTECTING ROUTE DESIGN METHOD....

Serial No. : Concurrently herewith

August 29, 2001

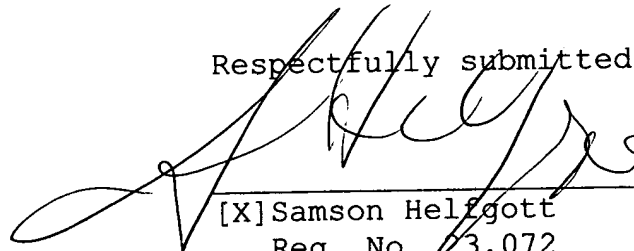
Assistant Commissioner of Patents  
Washington, D.C. 20231

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

S I R:

Attached herewith are Japanese Patent Application No. 2001-080087 of March 21, 2001 whose priority has been claimed in the present application.

Respectfully submitted



☒ Samson Helfgott  
Reg. No. 23,072  
☐ Aaron B. Karas  
Reg. No. 18,923

HELFGOTT & KARAS, P.C.  
60th FLOOR  
EMPIRE STATE BUILDING  
NEW YORK, NY 10118  
DOCKET NO.: FUJH 18.965  
BHU:priority

Filed Via Express Mail  
Rec. No.: EL639693953US  
On: August 29, 2001  
By: Brendy Lynn Belony

Any fee due as a result of this paper, not covered  
by an enclosed check may be charged on Deposit Acct.  
No. 08-1634.

#2  
J1046 U.S. PTO  
09/942217  
08/29/01

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

J1046 U.S. PTO

09/942217



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月21日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-080087

出 願 人

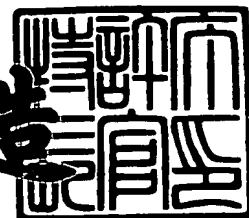
Applicant(s):

富士通株式会社

2001年 7月19日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3064810

【書類名】 特許願

【整理番号】 0150398

【提出日】 平成13年 3月21日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H04L 12/24

【発明の名称】 通信ネットワークの迂回経路設計方法

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 篠宮 紀彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 宮▲崎▼ 啓二

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 藤井 泰希

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100094514

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 恒▲徳▼

【代理人】

【識別番号】 100094525

【弁理士】

【氏名又は名称】 土井 健二

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 030708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704944

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 通信ネットワークの迂回経路設計方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のノードを接続して構成される通信ネットワークの各ノードに迂回経路情報を予め設定しておき、単一リンク障害または単一ノード障害が発生した場合、障害検知ノードが障害箇所情報を含む障害通知メッセージを各ノードに転送し、障害通知メッセージを受信したノードが並列に経路を切り替える通信ネットワークの迂回経路設計方法であって、

障害検出ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の迂回経路を探索し、

ついで、前記探索されたメッセージを転送する時間が最小の迂回経路に対し、異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能であり、且つ与えられた時間上限以内で経路切り替えが可能な迂回経路に更新する

ことを特徴とする迂回経路設計方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記障害検出ノードから障害通知メッセージを転送する時間は、転送される障害通知メッセージが通信リンクを通過する際の伝送遅延時間と、転送される障害通知メッセージが各ノードにおいて入出力処理される時間との和から計算することを特徴とする迂回経路設計方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、

ある 1 つのノードに関して与えられた復旧時間上限と障害通知メッセージ転送時間との差から、迂回経路への切替え時間を計算することを特徴とする迂回経路設計方法。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、

各ノードへの障害通知メッセージ転送時間と迂回経路への切替え時間の和を求め、迂回経路上の全てのノードに関する最大値から、迂回経路の復旧時間を計算することを特徴とする迂回経路設計方法。

【請求項 5】 請求項 1 において、

経路端ノード間で予備通信容量の共有が不可能なリンクを経由しない別の迂回経路を探索することを特徴とする迂回経路設計方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、通信経路障害時に障害から通信を高速に復旧させることを可能とするとともに、通信予備容量を増大させない通信ネットワークの迂回経路設計方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

インターネットのサービス多様化と需要拡大に伴い、基幹網を流れる通信トラフィック量は、劇的に増加し続けている。このため、基幹網では、波長分割多重(WDM::Wavelength Division Multiplexing)技術を基盤として、大容量化、高速化が進められている。

【0003】

また、メッシュ型ネットワークのフレキシブルな制御や予備波長の共有による効率的な運用のために、光クロスコネクタ(OXC:Optical Cross Connect)及び、光分岐システム(OADM:Optical Add-Drop Multiplexer)の開発も進んでおり、新しい通信インフラの構築とサービスの導入が期待されている。

【0004】

大容量のWDMネットワークにおいて、システムが収容するサービスが多くなるに伴い、障害が発生した場合の被害も同時に大きくなっている。このため、ネットワークの信頼度を高める高度な管理システムの開発が課題となる。特に、光レイヤでリンク障害やノード障害から高速にサービスを復旧させる技術が重要となる。

【0005】

本発明者らは、WDMネットワークにおいて高速な障害復旧を実現するプリプラン型障害復旧方式の検討を進めている(文献:藤井泰希、宮崎啓二、伊勢田衡平、「プリプラン型障害復旧方式の検討」信学技報TM2000-60、pp.67-72、Nov

2000参照)。

【0006】

かかるプリプラン型障害復旧方式では、予め迂回経路情報が設定されたノードに対して、順次障害を検知したノードから隣接ノードに障害情報を通知していく（フラッディングという）ことにより、各ノードは設定されている迂回経路情報に従い経路を並列に切り替える。これにより迂回経路を動的に探索する時間を短縮でき、高速なサービス復旧が期待できる。

【0007】

しかし、並列な経路切り替えが可能だとしても、切り替える迂回経路上のノードが障害通知を受信するまでの時間が長ければ、高速なサービス復旧は実現できないという問題が残されている。

【0008】

また、従来の迂回経路設計方法では、予め設計する迂回経路に関しては、総予備波長数(リソース)最小化の目的しか与えられていない。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

したがって、本発明の目的は、プリプラン型障害復旧方式における迂回経路設計時に、各ノードへの障害通知メッセージ転送時間の制約を設けることにより、フラッディング時間を短縮し、高速なサービス復旧を可能とし、且つ予備波長数容量を最小とする通信ネットワークの迂回経路設計方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決する本発明に従う通信ネットワークの迂回経路設計方法は、複数のノードを接続して構成される通信ネットワークの各ノードに迂回経路情報を予め設定しておき、単一リンク障害または単一ノード障害が発生した場合、障害検知ノードが障害箇所情報を含む障害通知メッセージを各ノードに転送し、障害通知メッセージを受信したノードが並列に経路を切り替える通信ネットワークの迂回経路設計方法であって、障害検出ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の迂回経路を探索し、ついで、前記探索されたメッセージを転送す

る時間が最小の迂回経路に対し、異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能であり、且つ与えられた時間上限以内で経路切り替えが可能な迂回経路に更新することを特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

また、上記の課題を解決する本発明に従う通信ネットワークの迂回経路設計方法の実施の形態として、前記障害検出ノードから障害通知メッセージを転送する時間は、転送される障害通知メッセージが通信リンクを通過する際の伝送遅延時間と、転送される障害通知メッセージが各ノードにおいて入出力処理される時間との和から計算することを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

さらに、上記の課題を解決する本発明に従う通信ネットワークの迂回経路設計方法の実施の形態として、ある1つのノードに関して与えられた復旧時間上限と障害通知メッセージ転送時間との差から、迂回経路への切替え時間を計算することを特徴とする。

## 【 0 0 1 3 】

さらにまた、上記の課題を解決する本発明に従う通信ネットワークの迂回経路設計方法の実施の形態として、各ノードへの障害通知メッセージ転送時間と迂回経路への切替え時間の和を求め、迂回経路上の全てのノードに関する最大値から、迂回経路の復旧時間を計算することを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

さらに、上記の課題を解決する本発明に従う通信ネットワークの迂回経路設計方法の実施の形態として、経路端ノード間で予備通信容量の共有が不可能なリンクを経由しない別の迂回経路を探索することを特徴とする。

## 【 0 0 1 5 】

また、上記の課題を解決する本発明に従う通信ネットワークの迂回経路設計方法の実施の形態として、経路端ノード間で、共有可能な予備通信容量が大きなりリンクを優先し、別の迂回経路を探索することを特徴とする。

## 【 0 0 1 6 】

さらにまた、上記の課題を解決する本発明に従う通信ネットワークの迂回経路



設計方法の実施の形態として、前記共有可能な予備通信容量が大きなリンクを優先し、別の迂回経路を探索する時、一時的に現用経路上のリンクへ、他の全てのリンクの共有可能な予備通信容量を越える値を設定し、障害検知ノードから迂回経路上のノードへの障害通知メッセージ転送時間を短く抑えることを特徴とする。

## 【0017】

さらに、上記の課題を解決する本発明に従う通信ネットワークの迂回経路設計方法の実施の形態として、迂回経路を更新する際、障害通知メッセージ転送時間が所定の復旧時間上限を越えるノードを経由しない別の迂回経路を探索することにより、経路探索時間を短縮することを特徴とする。

## 【0018】

また、上記の課題を解決する本発明に従う通信ネットワークの迂回経路設計方法の実施の形態として、対象とする通信ネットワークのトポロジーまたは規模、ノードの装置仕様、通信方式に応じて、前記障害検出ノードから障害通知メッセージを転送する時間の計算、迂回経路への切替え時間を計算あるいは、迂回経路の復旧時間を計算を選択可能とすることを特徴とする。

## 【0019】

本発明の更なる特徴は以下の図面を参照して説明される発明の実施の形態から明らかになる。

## 【0020】

## 【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施例を説明する前に理解を容易にするべく、本発明の対象とする光ネットワークにおけるプリプラン型障害復旧方式について説明する。

## 【0021】

図1は、端局間で光信号を送受信する光パスを基本とするネットワーク例を示す図である。特に、WDM技術を用いて、光ファイバ内に複数の光信号を多重化し、中継に光クロスコネクタ(OXC)を用い、端局間で光信号を送受信する光パスを基本とするネットワークである。

## 【0022】

図1において、光クロスコネクタ（OXC）1、2間をノード17、10、12、14の現用通信経路で通信が行われていると想定する。ここで、例えばノード10、12間で、障害11が発生すると、ノード12がこの障害発生を検知する。

#### 【0023】

そして、障害を検知したノード12が障害箇所情報を含む障害通知メッセージ13を隣接ノード14に転送し、隣接ノード14は更に隣接ノード15に通知するというように、順次隣接ノードに通知する。

#### 【0024】

迂回経路中継ノード15、16と、経路切り替えノード14、17は、障害通知メッセージを初めて受信した場合のみ、受信したノードを除く全ての隣接ノードに対して障害通知メッセージを転送する。

#### 【0025】

ついで、予め与えた迂回経路情報に従い、並列に通信経路を切り替える。このとき、かかるプリプラン型障害復旧方式では、障害通知メッセージ数の削減と並列な経路切り替えにより、障害からの復旧時間の高速化を図っていた。

#### 【0026】

かかる従来のプリプラン型復旧方式では、あらかじめノードに設定している迂回経路に制約が存在していない。そして、切り替えるべき迂回通信経路上の全てのノードが障害通知メッセージを受け取らなければ、並列に経路を切り替えたとしても通信経路は復旧できない。

#### 【0027】

このため、設定した迂回通信経路上の迂回経路中継ノード又は経路切り替えノードが、障害検知ノードから距離が離れていて、障害通知メッセージを受信するまでに時間がかかってしまうと、通信経路の復旧が遅れる大きな原因となる。

#### 【0028】

たとえば、迂回通信経路と障害通知メッセージ転送時間を示す図2において、図2Aは現用通信経路上の障害21に対する迂回通信経路22であり、図2Bは、同様に、現用通信経路上の障害21に対する迂回経路23である。

## 【0029】

障害21に関する情報は、障害検知ノード24から障害通知メッセージ25により伝えられる。両者を比較すると、図2Bの迂回経路23は、障害通知メッセージ転送時間が短いために、障害からの復旧時間が早くなる。

## 【0030】

一方、従来型の通信ネットワーク設計の目的である総予備通信容量の最小化、総リンク距離の最小化、総経路ホップ数の最小化なども重要であるが、障害通知メッセージ転送時間とのバランスを考慮する必要がある。

## 【0031】

たとえば、迂回通信経路と予備通信容量を示す図3を参照すると、図3Aでは、現用通信経路上の障害31、32、33、34を回避するのは迂回経路35であるが、図3Bでは、現用通信経路上の同様の障害を回避するためには、障害31に対して迂回通信経路36、障害32に対して迂回通信経路37、障害33に対して迂回通信経路38、障害34に対しては迂回通信経路39をそれぞれ設定する必要がある。このとき、図3Bでは、図3Aの場合よりも障害通知時間が短い、より多くの予備通信容量を必要とする。

## 【0032】

したがって、本発明は、従来型の通信ネットワークの迂回経路設計方法において、上記の考察における障害復旧までの時間と、予備通信容量を考慮した処理を提案するものである。

## 【0033】

図4は、本発明の通信ネットワークの迂回経路設計方法を適用する光ネットワークの障害管理を説明する図である。光コアネットワークNWは、複数の光クロスコネクタ1～5を有し、これらが、光パスで接続されている。

## 【0034】

IPルータ等7、8を通して他のネットワークと接続される。さらに、共通のネットワーク管理装置(NMS)10を有し、各ノードの迂回経路テーブル114に迂回経路情報を設定する。

## 【0035】

また、ネットワーク管理装置（NMS）10は、迂回経路設計のために、各ノードからトポロジー、ノード処理遅延量及び、リンク伝送遅延量情報を吸収する。

【0036】

図5は、ノードの構成例ブロック図であり、図4のノード1～5の各々に共通である。入力インタフェース部（入力IF）103、スイッチ部100、スイッチ制御テーブル101、出力インタフェース部（出力IF）104及び、メッセージ制御部102を含んで構成される。

【0037】

入力インタフェース部103は、1又は複数個備わっており、対応するノードに接続されたリンクを構成する1あるいは複数の伝送媒体（例えば光ファイバ）を終端し、この終端したリンクに含まれる各通信パスを通して入力される各種のデータを受信する。

【0038】

スイッチ部100は、入力インタフェース部103側のポートと、出力インタフェース側のポートとの間の接続状態を切り替える。例えば、複数の入力インタフェース部103のポートと、複数の出力インタフェース部104のポートのそれぞれには、ノード内で重複しないチャンネル番号が割り当てられている。

【0039】

入力インタフェース部103側のポートのチャンネル番号と出力インタフェース部104側のポートのチャンネル番号との組み合わせをスイッチ制御テーブル101に格納しておく。これによりスイッチ部100において、この組合せに応じた通信パスのルーティング処理が行われる。

【0040】

したがって、リンクや通信パスに障害が発生して迂回パスを設定する場合には、スイッチ制御テーブル101の内容を変更して、スイッチ部100における通信パスの設定状態を切り替えればよい。

【0041】

出力インタフェース部104は、入力インタフェース部103と同様に複数個備わっており、該当のノードに接続されたリンクを構成する1あるいは複数本の

伝送媒体を終端し、この終端したリンクに含まれる各通信パスに各種のデータを出力する。

【0042】

メッセージ制御部102は、リンクや通信パスが発生した時、リンク単位の障害箇所情報を含む障害復旧メッセージを作成する。作成された障害復旧メッセージは、他のノードにフラッディングにより通知する。

【0043】

また、メッセージ制御部102は、隣接する他のノードからメッセージを受け取った時に、ネットワーク管理装置10により予め迂回経路テーブル114に設定されている迂回経路情報に基づき、必要に応じて迂回パスへ切り替える処理を行う。

【0044】

図6は、メッセージ制御部102の詳細構成を示す図である。図6に示すように、メッセージ制御部102は、メッセージ受信部110、受信メッセージテーブル111、メッセージ処理部112、迂回経路テーブル114、経路切替処理部115及び、メッセージ送信部113を有する。

【0045】

メッセージ受信部110は、隣接するノードから送られてくるメッセージを受信する。このメッセージには障害が発生したリンクを特定する障害箇所情報が含まれている。受信メッセージテーブル111は、メッセージ受信部110によって受信したメッセージを格納する。同じメッセージが異なるノードからそれぞれ送られた場合は、最初に受信したメッセージのみが格納される。

【0046】

メッセージ処理部112は受信メッセージテーブル111に格納された受信済みのメッセージを探索することにより、メッセージ受信部110によって新たに受信したメッセージがそれまでに受信済みのメッセージと重複しないか否かの確認を行う。

【0047】

新規なメッセージに対してはメッセージ処理部112は、メッセージを送信す

る指示をメッセージ送信部 113 に送る。これとともに、スイッチ部 100 による通信パスの接続状態を切り替える指示を経路切替処理部 115 に送る。

【0048】

経路切替処理部 115 は、受信メッセージに含まれている障害箇所情報に基づき、該当ノードが、迂回パスに含まれているか否かを判定する。含まれている場合は、スイッチ制御テーブル 101 の内容を書き換えることにより迂回パスの設定を行う。

【0049】

ここで、スイッチ制御テーブル 101 の内容の書き換えは、ネットワーク管理装置 10 により予め迂回経路テーブル 114 に設定されている障害箇所に対応する迂回パスの設定情報に基づく。

【0050】

設定情報は、例えば、リンク L X で障害が発生した時に設定される迂回パスに該当のノードが含まれている場合は、リンク L X に対応して迂回パスを設定するに必要なスイッチ部 100 の入力ポートのチャネル番号と、出力ポートのチャネル番号との組合わせである。

【0051】

メッセージ送信部 113 は、メッセージ処理部 112 から入力されるメッセージをこのメッセージを受信した隣接ノードを除く他の隣接ノードに送信する。

【0052】

図 7 は、本発明の通信ネットワークの迂回経路設計方法の実施例動作フローであって、図 4 のネットワーク管理装置 10 内で実行される。

【0053】

図 7 において、通信ネットワークの迂回経路設計処理が開始されると、ネットワーク管理装置 10 は、各ノードから次の情報を吸い上げる（処理工程 P1）。

【0054】

- ・ネットワークトポロジ
- ・各通信リンクの距離
- ・現用通信経路の分布（現用されている通信の経路状態である）

・各現用通信経路の通信容量

次に、ユーザーによって、障害復旧時間の上限値が入力される（処理工程 P 2）。

【0055】

これらの情報を基にネットワーク管理装置 10 は、先ず更新対象とするリンクを決める（処理工程 P 3）。この時、更新対象とする決める基準として、予備波長数最大のリンク LM を選ぶ。

【0056】

予備波長数は、図 8 に示すように、障害が起きた際に現用波長に対し予備波長が通信に利用されるが、この時最悪の障害の場合を想定して用意される容量が予備波長数となる。

【0057】

したがって、予め設定されている予備波長を有するリンクのうち予備波長数最大のリンク LM を更新対象とする。

【0058】

ここで、各リンクには、上記のように全ての障害に対して被害が最も大きい場合を想定して予備波長が設定されている。しかし、設定する予備波長数はリンクによって様々である。

【0059】

1 つだけ更新対象とするリンクを決める時、いずれのリンクを選ぶことも可能であるが、ネットワーク全体でリンクの予備波長数が均等になる方が良いと考えられる。このために 1 実施例として、波長数最大のリンクを更新対象としている。

【0060】

ネットワーク管理装置 10 は、処理工程 P 3 において、更に選ばれた予備波長数最大のリンク LM の予備波長数の要因となる障害 F を特定する。図 8 の例では、障害 F 1 が予備波長数最大のリンク LM の予備波長数要因である。

【0061】

ついで、予備波長数要因として特定された障害 F に対する迂回経路リスト plis

tを作成する。

#### 【0062】

ネットワーク管理装置10は、作成したplistから1つの迂回経路path1（始まりノードsrcと終わりノードdestで特定される。）を取り出す（処理工程P4）

#### 【0063】

ついで、障害ノードから各ノードまでの障害通知時間を計算する。ここで、障害時に障害検出ノードから送信される通知メッセージが各ノードに到達するまでの時間を算出するためにリンクおよびノードにおける障害通知メッセージの通過時間をモデル化する。

#### 【0064】

図9は、そのモデル化の一例である。障害通知メッセージが転送される際、リンク（link）の障害通知メッセージ伝送時間 $\text{delay}(\text{link})$ ①とノード（node）の障害通知メッセージ処理時間 $\text{mproc}(\text{node})$ ②を考慮する。

#### 【0065】

そして、障害通知メッセージ伝送時間 $\text{delay}(\text{link})$ ①はリンク距離 $\text{dist}(\text{link})$ に比例し、その比例定数は、光通信の物理的な伝送遅延時間（sec/km）と、通信速度（bit/sec）により決まる下記式で表される値（とする）。

#### 【0066】

$$\text{delay}(\text{link}) = ( * \text{dist}(\text{link})$$

定数（の具体的な値は、例えば、通信速度を $155.52\text{e}6$ （bit/sec）とした時、光の物理的な伝送遅延時間 $4.833\text{e}-6$ （sec/km）とから、約 $5.0\text{e}-6$ となる）。

#### 【0067】

一方、障害通知メッセージ処理時間 $\text{mproc}(\text{node})$ ②に含まれるノードのメッセージ受信／送信処理に関しては、1メッセージ当りの処理時間を考慮するが、障害時にフラッディングされるメッセージが任意の順序で処理されることから、設計段階では最悪時間で取り扱う。

#### 【0068】

すなわち、障害通知メッセージは任意の順で、1つずつ逐次的に処理されるた



めに、設計の段階では何番目に処理されるかは不明である。そこで、ノードを通過する際の時間は、どんな場合でもメッセージが一番最後に処理されると仮定して、これを上記の最悪時間としている。

## 【0069】

すなわち、メッセージ受信リンクと送信リンクの総数は、ノード (node) に接続するリンク数  $\text{deg}(\text{node})$  となるため、障害通知メッセージ処理時間  $\text{mproc}(\text{node})$  ②はリンク数  $\text{deg}(\text{node})$  に比例する下記式で表される。

## 【0070】

$$\text{mproc}(\text{node}) = ( * \text{deg}(\text{node})$$

定数 ( の具体的な値は、本発明者のシミュレーション結果では1メッセージ当たり  $1.0\text{e-}3$  (sec) 程度である。上記の式から得られる

上記の算式の障害通知メッセージ伝送時間  $\text{delay}(\text{link})$  ①と、障害通知メッセージ処理時間  $\text{mproc}(\text{node})$  ②の値から得られる各ノードまでの障害通知時間が求められる。

## 【0071】

求められた障害通知時間の内、現用経路上を除き、先にユーザー要求として入力された復旧時間上限を越えるノードを削除する。

## 【0072】

さらに、先に、前記の特定した迂回経路  $\text{path1}$  と予備波長が共有不可能なリンクを削除する。ここで、予備波長の共有について説明する。

## 【0073】

例えば、図8において、ある障害Fに対するリンク1を経由しない迂回経路  $p1$  をリンク1を経由する別の迂回経路に更新する際、リンク1に設定された予備波長が共有可能かどうか判定する。

## 【0074】

まず、リンク1に設定されている予備波長数の要因となる障害をF1とする時、もし障害Fが障害F1ならば、リンク  $p1$  はリンク1の予備波長を共有不可能であり、障害Fが障害F2や障害F3ならば、リンク  $p1$  はリンク1の予備波長を共有可能と考える。

## 【0075】

ついで、障害検知ノードを始点とする最短経路アルゴリズム（Dijkstra法など）を実行する。これにより、障害検出ノードから各ノードまでの最短経路path2が求まる。

## 【0076】

ここで、上記処理工程P4において、障害通知時間が上限を越えるノードの削除及び、波長の共有が不可能なリンクの削除を行っているので、処理工程P1で得られたトポロジー情報に戻す再生処理を行っておく。

## 【0077】

ついで、plistから取り出されたpath1を求められた最短経路path2が求められる場合（処理工程P5, Yes）、求められたpath2に更新する（処理工程P6）。

## 【0078】

上記の処理を plistから取り出された全ての迂回経路について実行する（処理工程P7）。処理結果が最適解である場合（処理工程P8, Yes）、処理を終了する。

## 【0079】

上記の様に、本発明は、処理工程P4において、復旧時間上限を越えるノードの削除と、予備波長の共有が不可能なリンクを排除している。これにより、サービス復旧時間の短縮と予備波長の最小化を図っている。

## 【0080】

なお、上記処理工程P4において、全ての迂回通信経路に対して1回だけ更新処理を行うが、さらに繰り返して処理を行うことにより総予備通信容量を更に最小化することが可能である。

## 【0081】

すなわち、図8において、ネットワークリソースの効率化を図るため、割り当てる予備波長数を最小化する際、迂回経路の更新を繰り返す。この時、予備波長の共有が可能なリンクから構成される迂回経路を更新対象とすることにより、総予備波長数を単調減少させることができる。

## 【0082】

図10は、実施例としてのデータ構造図であり、図7の処理工程P4における処理通知時間が上限を越えるノードの削除の際の判定処理のために、図11に示すネットワークポロジ66のノードN8が所持する障害からの復旧時間を示すテーブルである。

## 【0083】

図10において、障害箇所61、この障害を検知可能なノード62、入力された復旧時間の上限値63、通信リンクの図9で説明したメッセージ伝送遅延とノードのメッセージ処理時間から算出される最短の障害通知メッセージの受信時間64及び、入力された復旧時間の上限値63と最短の障害通知メッセージの受信時間64との差から求まる経路切り替え（スイッチング）に費やせる時間65が示されている。

## 【0084】

先の説明では、各光クロスコネクタにおけるスイッチ部100における1つの通信経路を切り替える時間は固定値として考えている。したがって、通信経路切替時間65からノードN8を経由できる通信経路数が算出可能である。たとえば、迂回通信経路更新の際に、ノードN8が復旧時間上限検証の対象ノードとなるならば、通信経路切替時間65を参照して判定できる。

## 【0085】

図12は、予備通信波長容量を小さくする処理の実施例を示す図である。図12では、ノード1～N9を有するネットワークにおいて、障害81によって被害を受ける現用経路82の迂回経路83、既に設定されている障害84に対する迂回経路85と障害86に対する迂回経路87を示し（図12A）、図12Bは、迂回経路83を迂回経路88に更新した図を示している。

## 【0086】

通信ネットワーク設計目的の一つである予備通信容量の最小化のために、迂回経路83から迂回経路88へ更新し、予備通信容量を共通化させる。このとき、ノードN8とノードN9が新たに迂回経路に加わる。このため、たとえば、図11の復旧時間検証テーブルを利用して現用経路82上の障害81を検知するノード

ドN6からの障害通知メッセージ転送時間と迂回経路切替時間から迂回通信経路88の復旧時間条件を検証する。

【0087】

上記の様に、迂回通信経路のノードに関する障害通知メッセージ転送時間と経路切替時間の計算により、要求する障害復旧時間上限を越えない条件の下で、通信ネットワークの迂回経路設計の目的を果たすことができる。

【0088】

図13は、図12に示す如くして更新された結果の迂回通信経路情報を示す情報テーブルの例である。図13において、例えば、図12を参照しながら説明すると、ノードN1とN4を結ぶリンクL1における障害によって被害を受ける発信ノード72と受信ノード73が示される。さらに、被害を受ける発信ノード72と受信ノード73の組合せに対応して迂回通信経路74が示されている。

【0089】

一例として、被害を受ける発信ノード72がN4であり、被害を受ける受信ノード73がN1である時（データは、ノードN4からN1に向けて流れる経路である）、障害84に対して、Path141とPath412が設定されている。

【0090】

この図13に示す迂回通信経路情報テーブルに基づき、ネットワーク管理装置10により、先に図5、図6で説明した対応する光クロスコネクットのメッセージ制御部102の迂回経路テーブル114に、障害に対応した経路切替情報が設定される。

【0091】

図14は、別の実施例として、始ノードsから終ノードtへの現用パスに関して、予備通信容量の共有が可能な迂回パスの探索を示したものである。各リンクの数字は、共有可能な予備通信容量を表す。

【0092】

例えば、‘0’は他の障害に関する迂回パスと予備通信容量の共有不可能であることを示す。この数値が大きいリンクを優先的に選び、始ノードsから終ノードtまでの迂回パスを計算する。

## 【0093】

プリプラン型障害復旧方式で求める迂回パスは、予備通信容量の共有ができ、かつ、障害検知ノードからのメッセージ転送時間が短いものが望ましい。即ち、図14中で、なるべく数字の大きいリンクを通り、かつ、障害検知ノードuから近い迂回パスを選ぶ必要がある。

## 【0094】

しかし、現用パス上に予備通信容量は確保しないため、現用パス上のリンクの共有可能な予備通信容量は全て0となる。このため、図14Aの迂回パスSRのように障害検知ノードから遠くなってしまう可能性がある。

## 【0095】

そこで、図14Bに示すように迂回パスを探索する時だけ、一時的に、現用パス上のリンクに大きな予備通信容量例えば、予備通信容量(100)を与える。この状態で、始ノードsから終ノードtへの迂回パスを探索すれば、予備通信容量の数値が大きいリンクを優先的に選ぶため、現用パスと重なるリンクが多くなり、迂回区間(迂回パス実線部)は短くなる。結果として、予備通信容量を共有しつつ、障害検知ノードuからの障害通知時間を短縮することができる。

## 【0096】

但し、予備通信容量0のリンクは経由しない迂回パスを探索している。また、迂回パスを決定した後は、現用パス上のリンクに割当てた予備通信容量(100)を削除する。

## 【0097】

ここで、本発明では、障害通知メッセージの転送時間を、光の通信遅延時間、ノードの経路切替時間、ノードの入出力メッセージ処理時間などから計算する。各時間パラメータは、対象とするネットワークの規模や、ノードを構成する装置能力に強く依存する。

## 【0098】

また、方式などの違いにより、その数値差は小さくても1桁、大きくて6桁も変わってくる。このため、常に全てのパラメータを取り入れて計算する必要は無く、対象通信ネットワークの種別に応じて、妥当な範囲内で、いくつかのパラメ

ータを無視した設計が可能となる。この結果、設計に要する計算時間を大幅に削減できる。

## 【0099】

図15に示す表は、迂回経路設計の対象とする通信ネットワークの項目と、具体的なパラメータの事例である。光の通信遅延に関しては、単位距離あたりの遅延時間は、 $4.833\mu\text{sec/km}$ と固定されている。

## 【0100】

また、図16に示す表では、特にネットワーク規模とノードの切替方式に注目して関係を示している。

## 【0101】

もし、ネットワーク規模が都市部程度のパス長30kmだとすると、メッセージ伝送時間は $145\mu\text{sec}$ 程度かかるが、光信号をそのまま切替えるならば5msec程度必要であるため、メッセージ伝送時間（通信遅延）は無視できる。

## 【0102】

一方、ネットワーク規模が北米でパス長3000kmだとすると、通信遅延は14.5msecかかるが、電気信号を切替えるにはその300万分の1の時間で可能となるため、切替時間は十分無視できる。

ノードにおけるメッセージの処理時間も、ノードに実装されるCPUの処理能力によって小さくなる。

## 【0103】

さらに、本発明者は、上記に説明した本発明に従う通信ネットワークの迂回経路設計方法を評価するために、一般的な設計評価で使用する $5\times 5$ 格子型(25ノード)のネットワークトポロジでシミュレーションを行った。

## 【0104】

各パラメータに関して、リンク長は500km以下のランダム値(平均347.2km)、ノードのメッセージ処理時間1.0msec、リンク伝送遅延 $5.0\mu\text{sec/km}$ 、6000現用光パスとした。

## 【0105】

まず、図17に与えられる障害通知時間の上限が、予備率へどのような影響を及ぼすかを示す。ここで予備率とは、現用波長数に対する予備波長数の比率であり、この値が低いほど設計効率が良いことを示す。

## 【0106】

与える時間上限が大きくなり、条件が緩くなると共に予備率は低下し、30 msec程度で予備率は収束する。従来型のSONET/SDHにおける1+1やリングプロテクション方式では、100%の予備率が必要であった。

## 【0107】

しかし、本発明の方法により、サービス復旧時間の目標である50 msecに対して、半分の25 msec経路切替の時間に充てたとしても、ノード障害に対して47.2%、リンク障害に対して41.3%と、予備率を50%以下に抑えることができる。

## 【0108】

次に、同様の環境で時間制約”有り”と”無し”で設計した場合の予備率と障害通知時間を図18に示す。時間制約が”無し”の場合は、パス端で迂回する経路が設定され、最大37 msec程度の時間が要求される。一方、時間制約(25 msec)”有りの場合は、多くの障害に対して予備波長の十分な共有が可能であり、”無し”の場合と比べても予備率の増加は3.5%未満と大きな差は現れなかった。

## 【0109】

## (付記1)

複数のノードを接続して構成される通信ネットワークの各ノードに迂回経路情報を予め設定しておき、単一リンク障害または単一ノード障害が発生した場合、障害検知ノードが障害箇所情報を含む障害通知メッセージを各ノードに転送し、障害通知メッセージを受信したノードが並列に経路を切り替える通信ネットワークの迂回経路設計方法であって、

障害検出ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の迂回経路を探索し、

ついで、前記探索されたメッセージを転送する時間が最小の迂回経路に対し、異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能であり、且つ与えられた時間上限

以内で経路切り替えが可能な迂回経路に更新する

ことを特徴とする迂回経路設計方法。

【0110】

(付記2) 付記1において、

前記障害検出ノードから障害通知メッセージを転送する時間は、転送される障害通知メッセージが通信リンクを通過する際の伝送遅延時間と、転送される障害通知メッセージが各ノードにおいて入出力処理される時間との和から計算することを特徴とする迂回経路設計方法。

【0111】

(付記3) 付記1又は2において、

ある1つのノードに関して与えられた復旧時間上限と障害通知メッセージ転送時間との差から、迂回経路への切替え時間を計算することを特徴とする迂回経路設計方法。

【0112】

(付記4) 付記1において、

各ノードへの障害通知メッセージ転送時間と迂回経路への切替え時間の和を求め、迂回経路上の全てのノードに関する最大値から、迂回経路の復旧時間を計算することを特徴とする迂回経路設計方法。

【0113】

(付記5) 付記1において、

経路端ノード間で予備通信容量の共有が不可能なリンクを経由しない別の迂回経路を探索することにより、総予備通信容量を削減し、経路探索時間を短縮することを特徴とする迂回経路設計方法。

【0114】

(付記6) 付記1において、

経路端ノード間で、共有可能な予備通信容量が大きなリンクを優先し、別の迂回経路を探索することにより、総予備通信容量を削減し、「k」個の探索時間を短縮することを特徴とする迂回経路設計方法。

【0115】



(付記 7) 付記 6 において、

前記共有可能な予備通信容量が大きなリンクを優先し、別の迂回経路を探索する時、一時的に現用経路上のリンクへ、他の全てのリンクの共有可能な予備通信容量を越える値を設定し、障害検知ノードから迂回経路上のノードへの障害通知メッセージ転送時間を短く抑えることを迂回経路設計方法。

【0 1 1 6】

(付記 8) 付記 1 において、

迂回経路を更新する際、障害通知メッセージ転送時間が所定の復旧時間上限を越えるノードを経由しない別の迂回経路を探索することにより、経路探索時間を短縮することを特徴とする迂回経路設計方法。

【0 1 1 7】

(付記 9)

対象とする通信ネットワークのトポロジーまたは規模、ノードの装置仕様、通信方式に応じて、付記 2 に記載の前記障害検出ノードから障害通知メッセージを転送する時間の計算、付記 3 に記載の迂回経路への切替え時間を計算あるいは、付記 4 に記載の迂回経路の復旧時間を計算を選択可能とすることを特徴とする迂回経路設計方法。

【0 1 1 8】

【発明の効果】

以上図面に従い説明したように、本発明の迂回経路設計方法により、通信ネットワークにおいて、単一通信リンク障害又はノード障害発生時に、予め各ノードに設定された迂回通信経路情報に従って切り替える障害復旧システムにおいて、復旧処理の高速化と総予備通信容量の最小化ができる。これにより、通信ネットワーク資源の効率化が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

端局間で光信号を送受信する光パスを基本とするネットワーク例を示す図である。

【図 2】

迂回通信経路と障害通知メッセージ転送時間を示す図である。

【図 3】

迂回通信経路と予備通信容量を示す図である。

【図 4】

本発明の通信ネットワーク設計方法を適用する光ネットワークの障害管理を説明する図である。

【図 5】

ノードの構成例ブロック図である。

【図 6】

メッセージ制御部 102 の詳細構成を示す図である。

【図 7】

本発明の通信ネットワークの迂回経路設計方法の実施例動作フローである。

【図 8】

予備波長数説明する図である。

【図 9】

障害ノードから各ノードまでの障害通知時間を計算するモデルを示す図である。

【図 10】

実施例としてのデータ構造図であり、障害からの復旧時間を示すテーブルである。

【図 11】

ネットワークトポロジー示す図である。

【図 12】

予備通信波長容量を小さくする処理の実施例を示す図である。

【図 13】

図 12 に示す如くして更新された結果の迂回通信経路情報を示す情報テーブルの例である。

【図 14】

別の実施例として、始ノード  $s$  から終ノード  $t$  への現用パスに関して、予備通

信容量の共有が可能な迂回パスの探索を示す図である。

【図 15】

迂回経路設計の対象とする通信ネットワークの項目と、具体的なパラメータの事例である。

【図 16】

ネットワーク規模とノードの切替方式に注目して関係を示す図である。

【図 17】

与えられる障害通知時間の上限が、予備率へどのような影響を及ぼすかを示す図である。

【図 18】

時間制約”有り”と”無し”で設計した場合の予備率と障害通知時間を示す図である。

【符号の説明】

1～5 光クロスコネク

7, 8 ルータ

114 迂回経路テーブル

11 障害

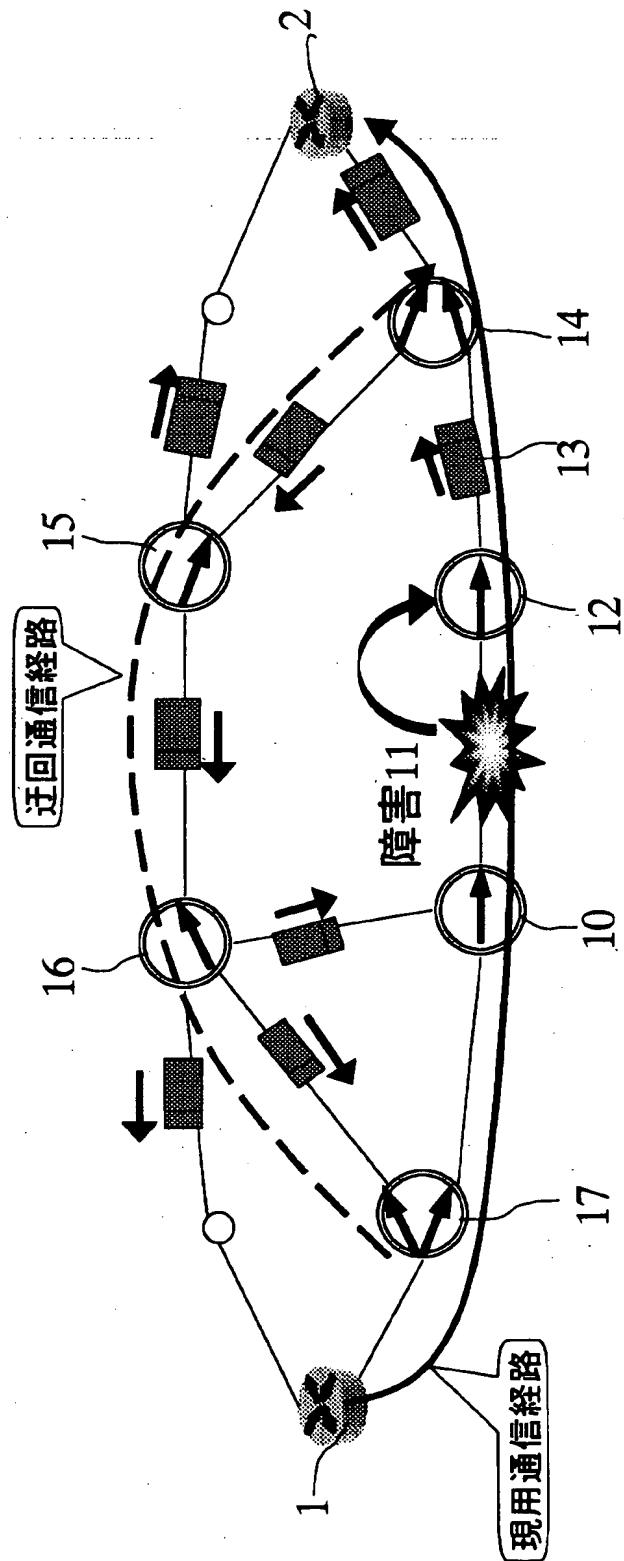
13 障害メッセージ

10、12、14-17 ノード

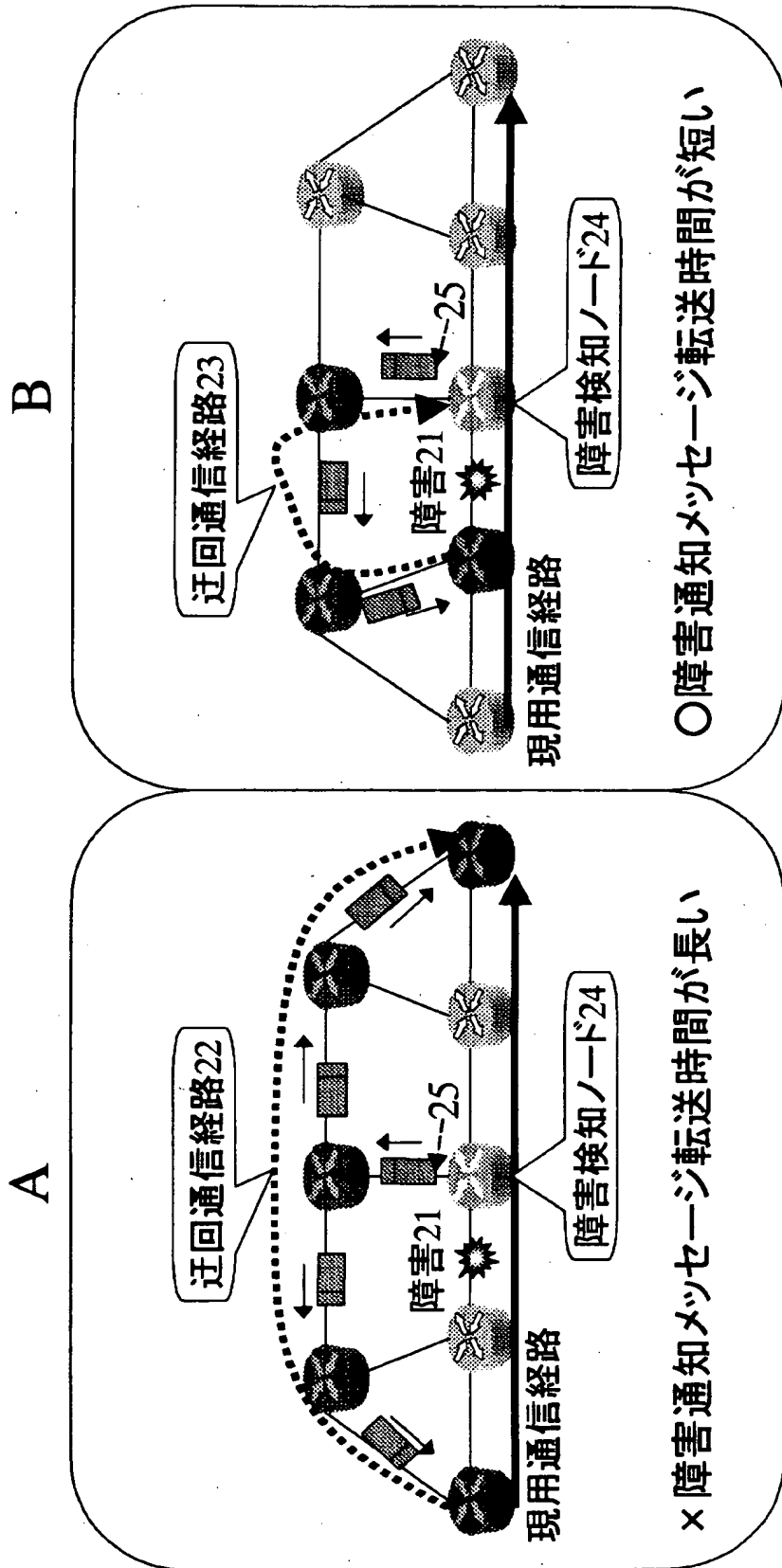
【書類名】

図面

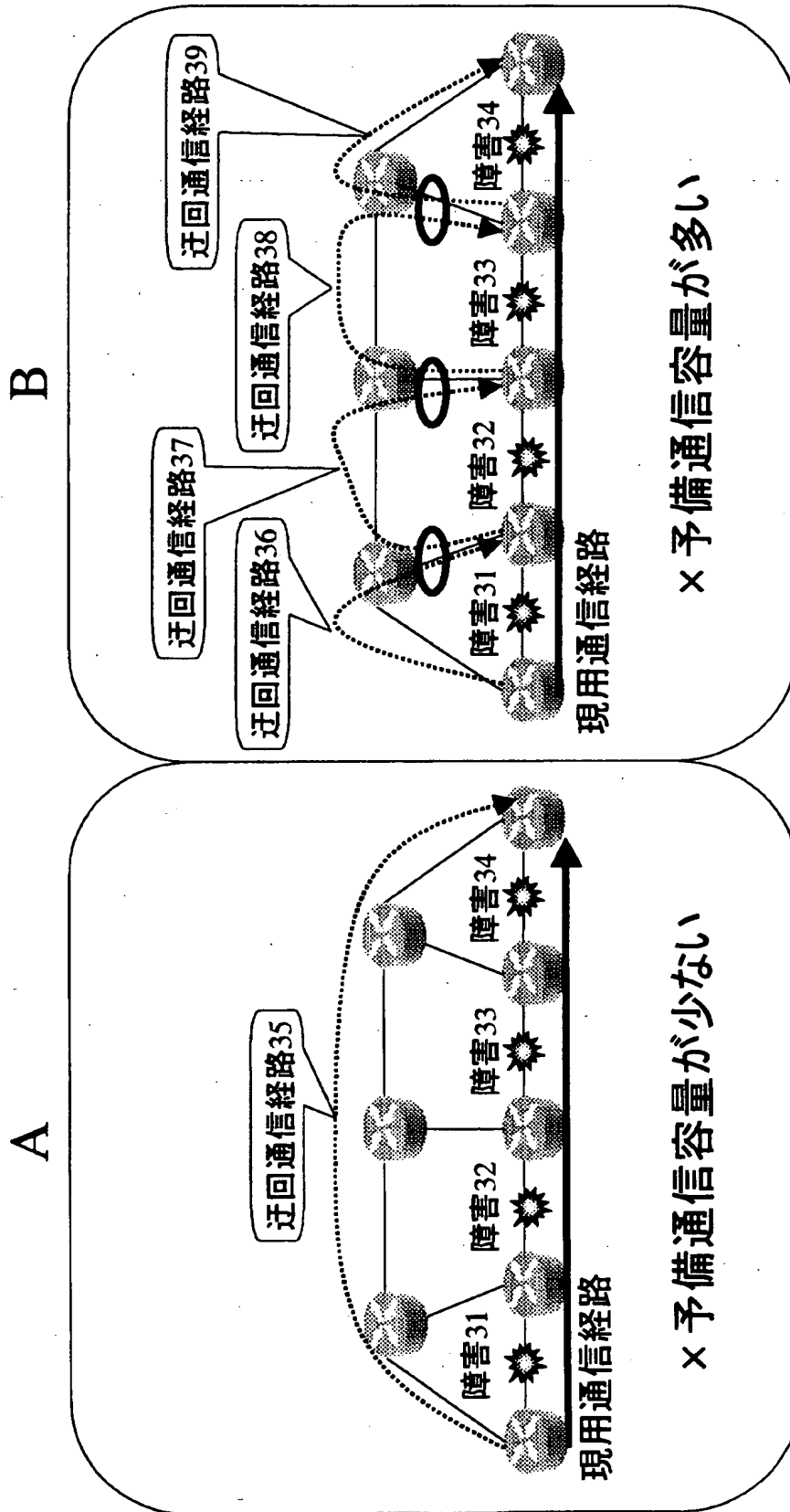
【図 1】



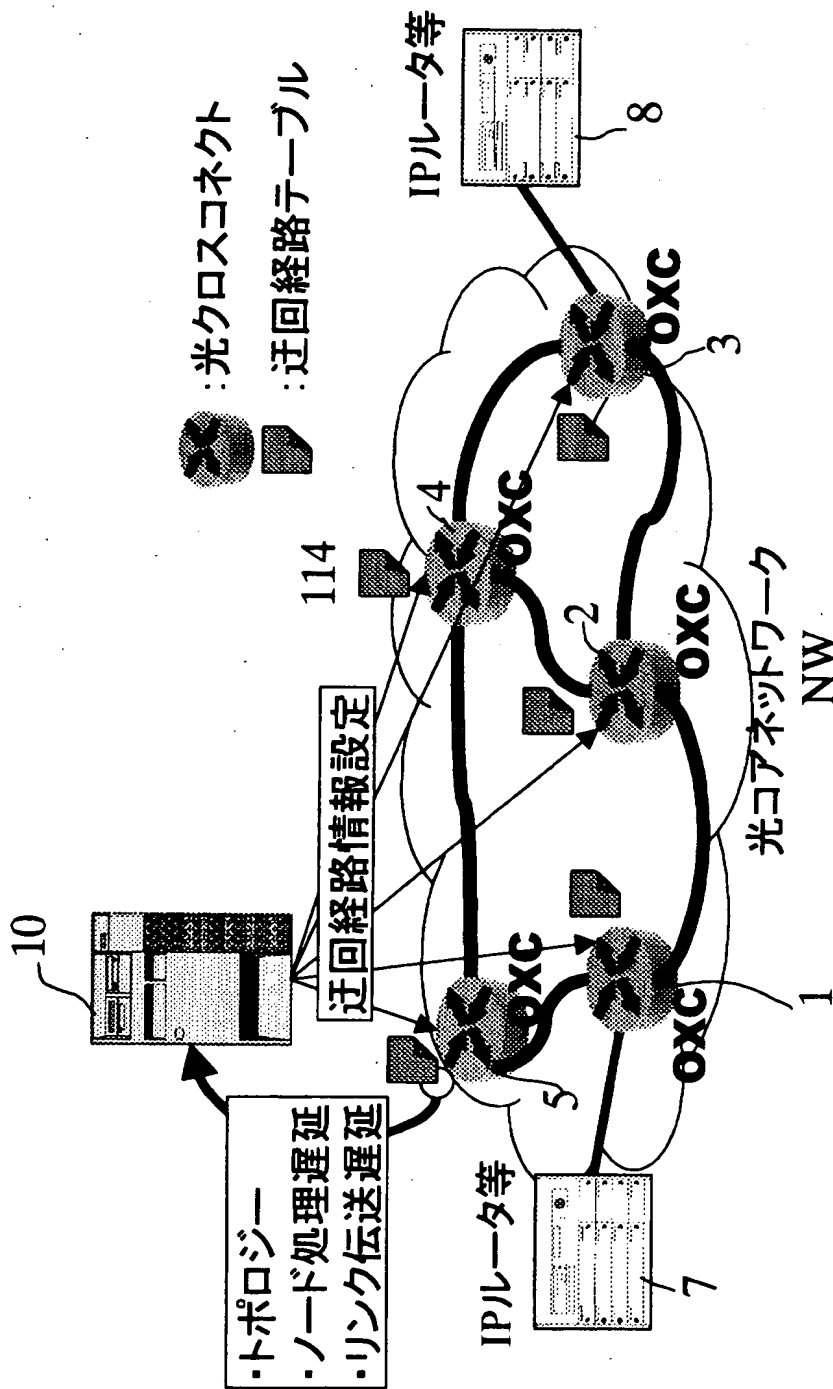
【図2】



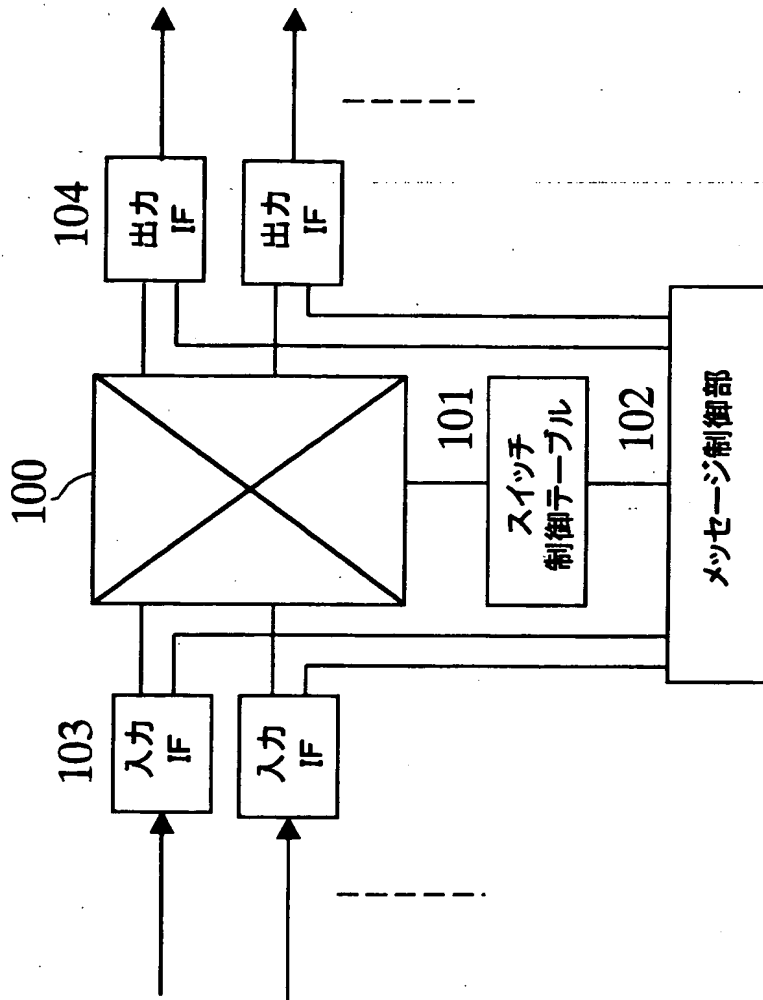
【図 3】



【図 4】

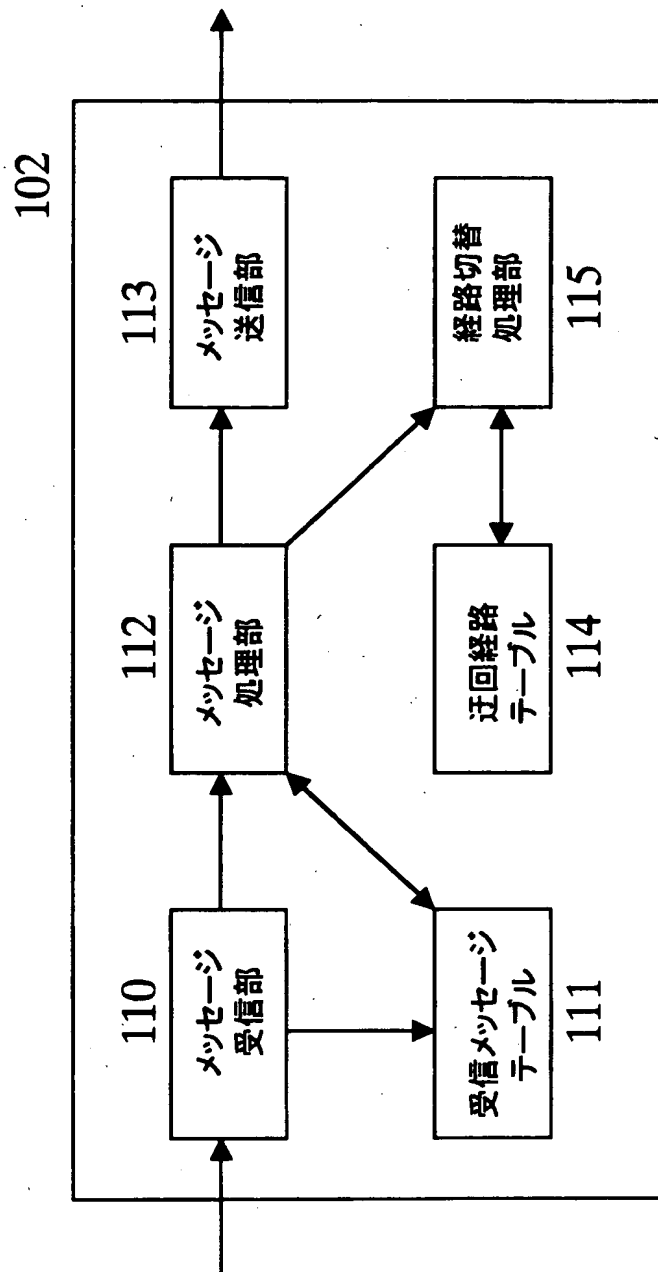


【図 5】

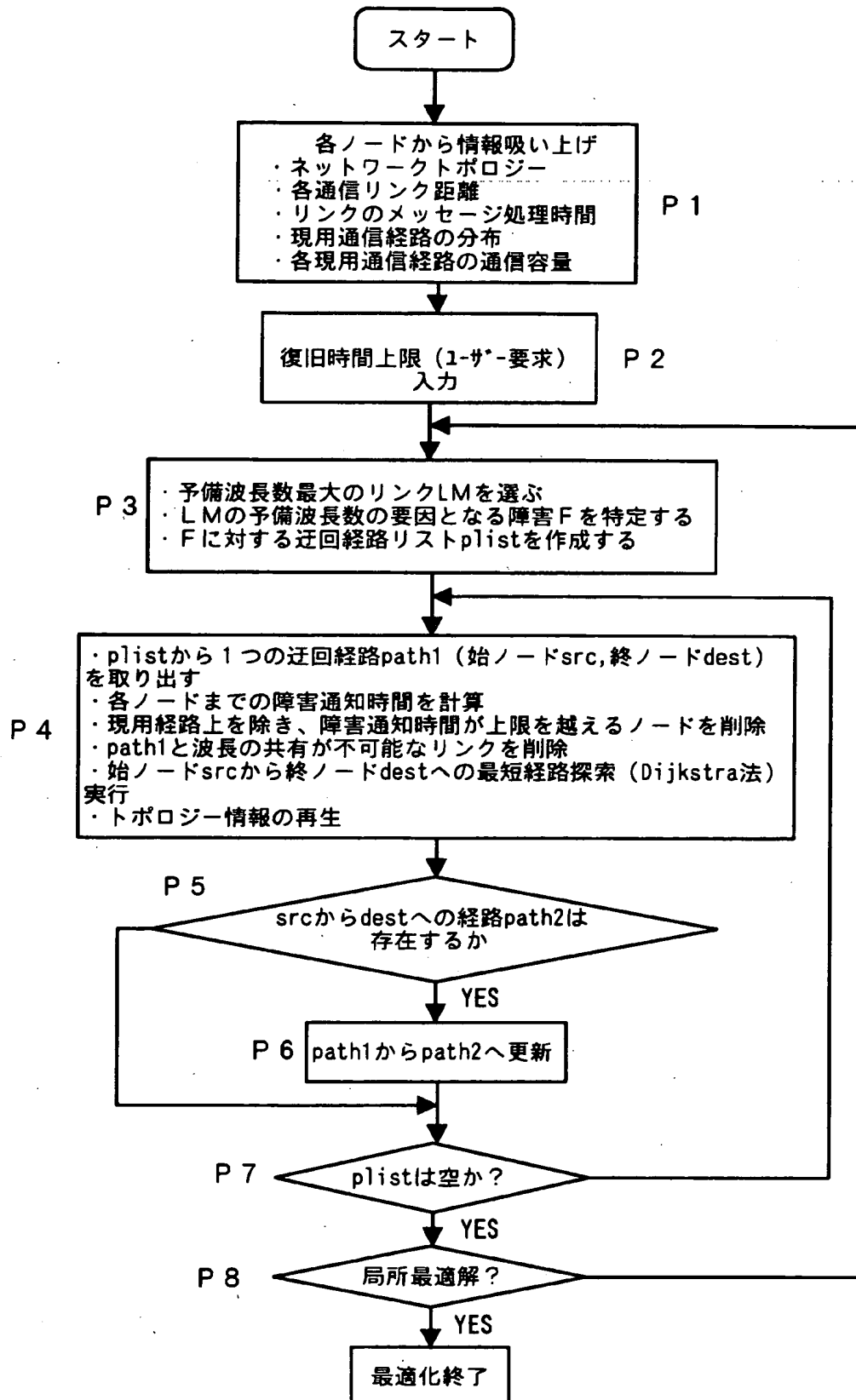




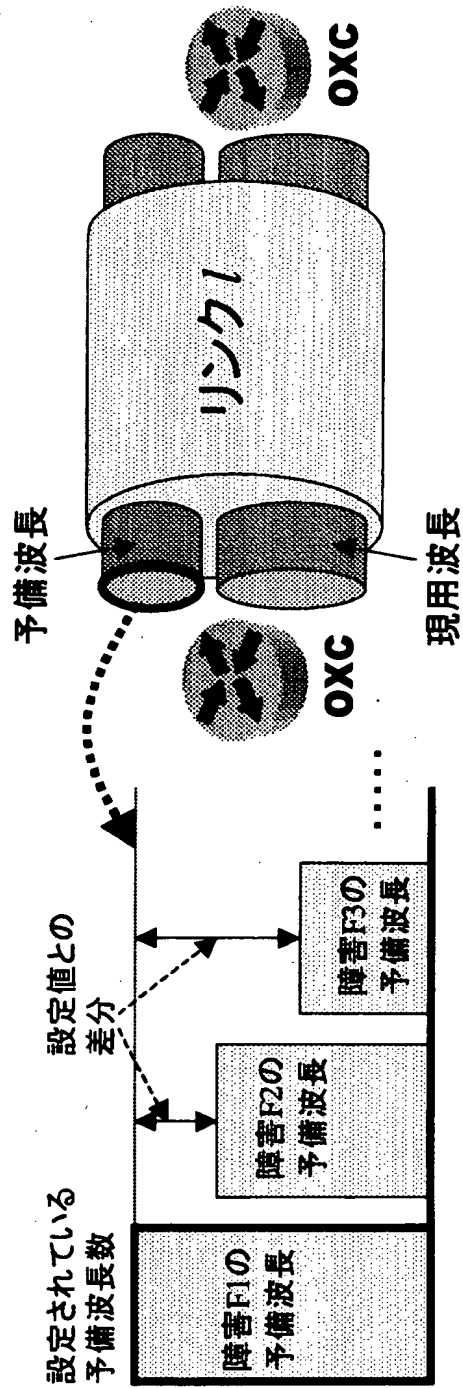
【図 6】



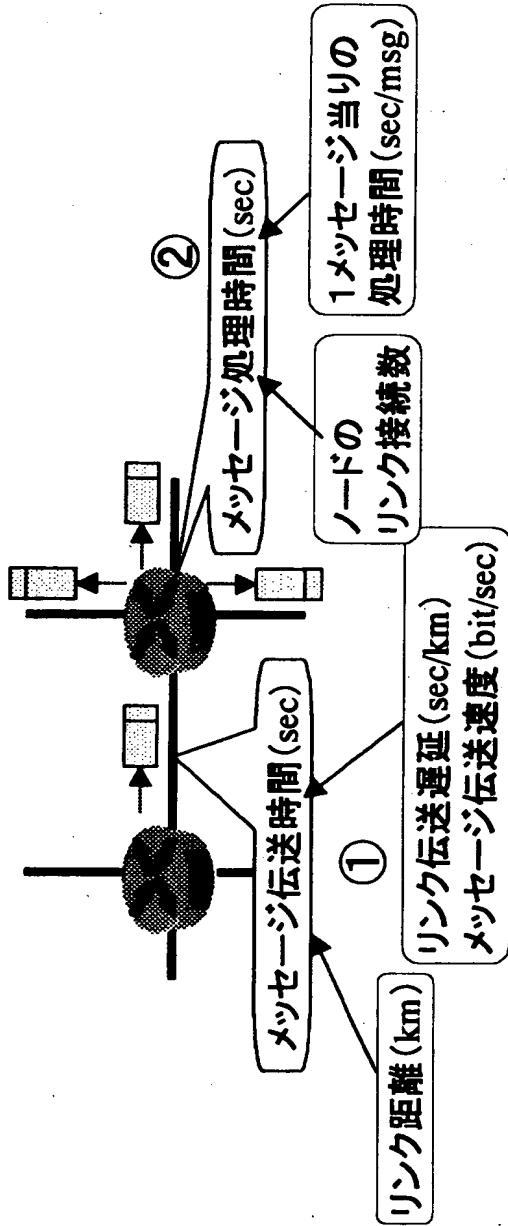
【図 7】



【図 8】



【図9】

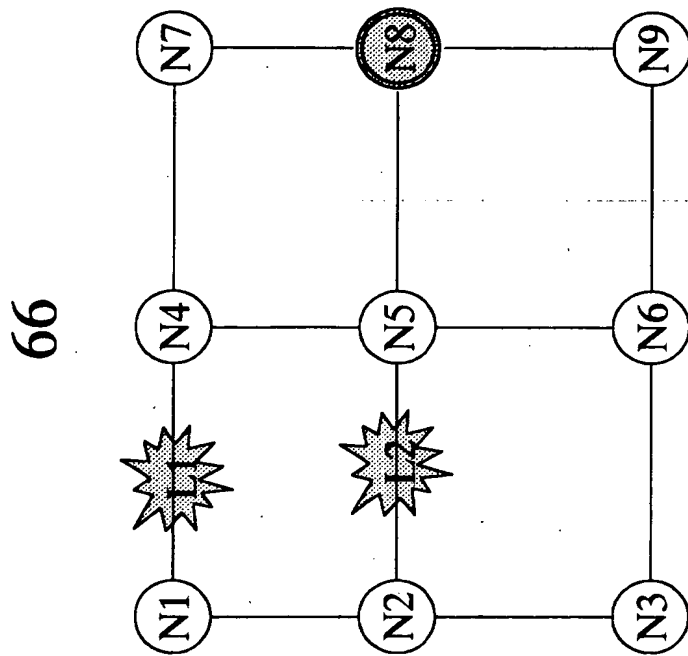


【図 10】

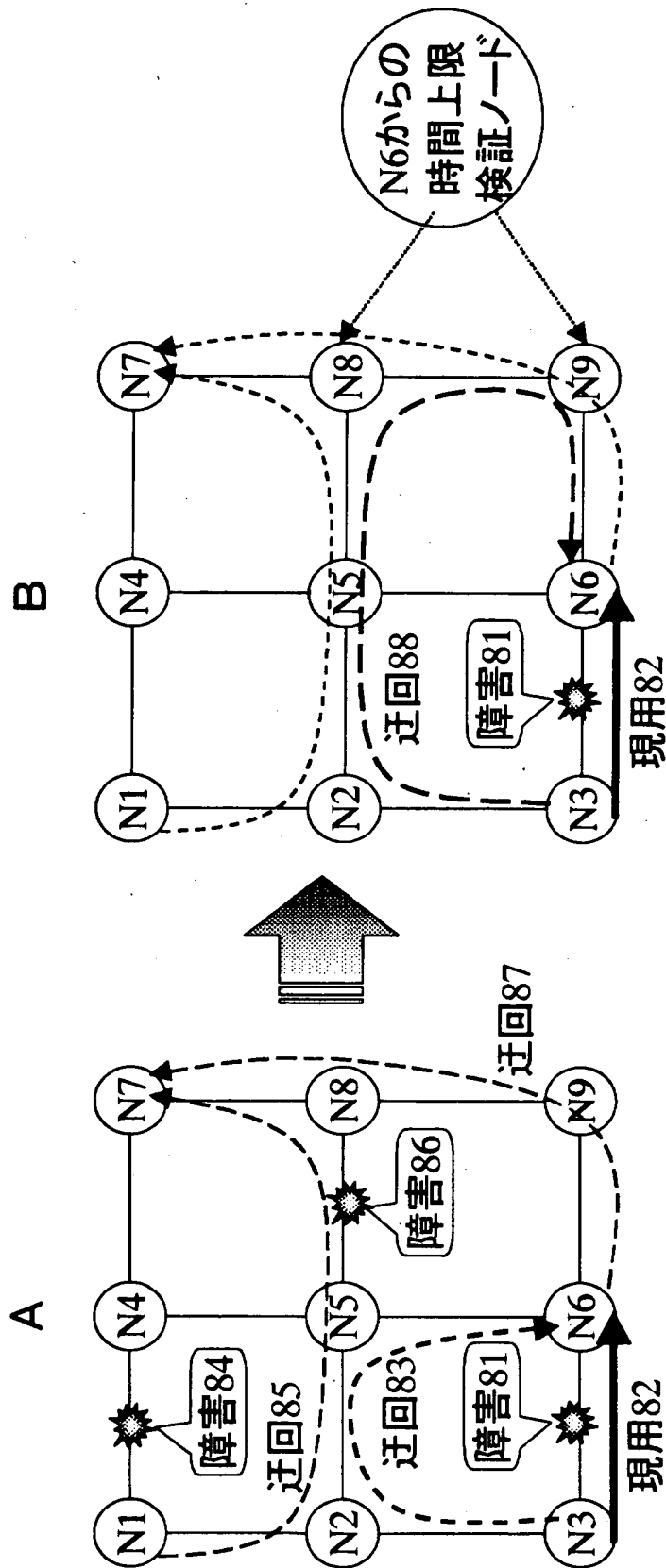
## ‘N8’に関する復旧時間検証テーブル

障害箇所	障害検知 ノード <sup>62</sup>	復旧時間 上限 (ms) <sup>63</sup>	障害通知メッセージ 受信時間 (ms) <sup>64</sup>	経路切替え 時間 (ms) <sup>65</sup>
リンクL1 (N1,N4)	N1	50	8.75	41.25
	N4	50	4.50	45.50
リンクL2 (N2,N5)	N2	50	3.25	46.75
	N5	50	10.0	40.00
リンクL3	...	50	...	...

【図 11】



【図12】



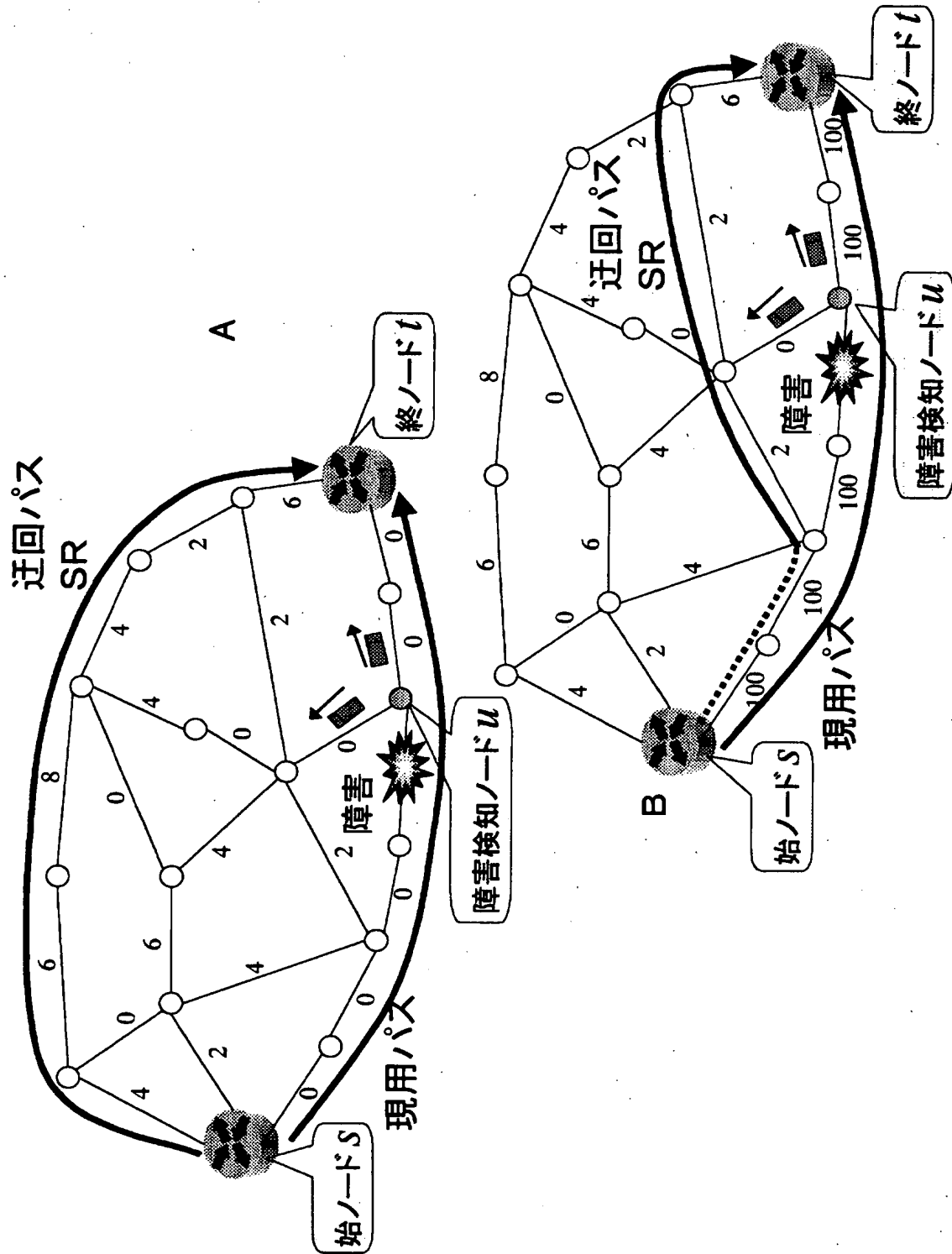
【図 13】

迂回通信経路情報テーブル

障害箇所 71	被害を受ける 発信ノード72	被害を受ける 受信ノード73	迂回通信経路 74
リンクL1 (N1,N4)	N1	N4	Path141
	N4	N1	Path411, Path412
	N1	N7	Path171
	N2	N4	Path241, Path242,
	...	...	...
リンクL2 (N2,N5)	N2	N5	Path251
	N5	N2	Path521, Path522
	...	...	...
リンクL3...	...	...	...



【図14】



【図 15】

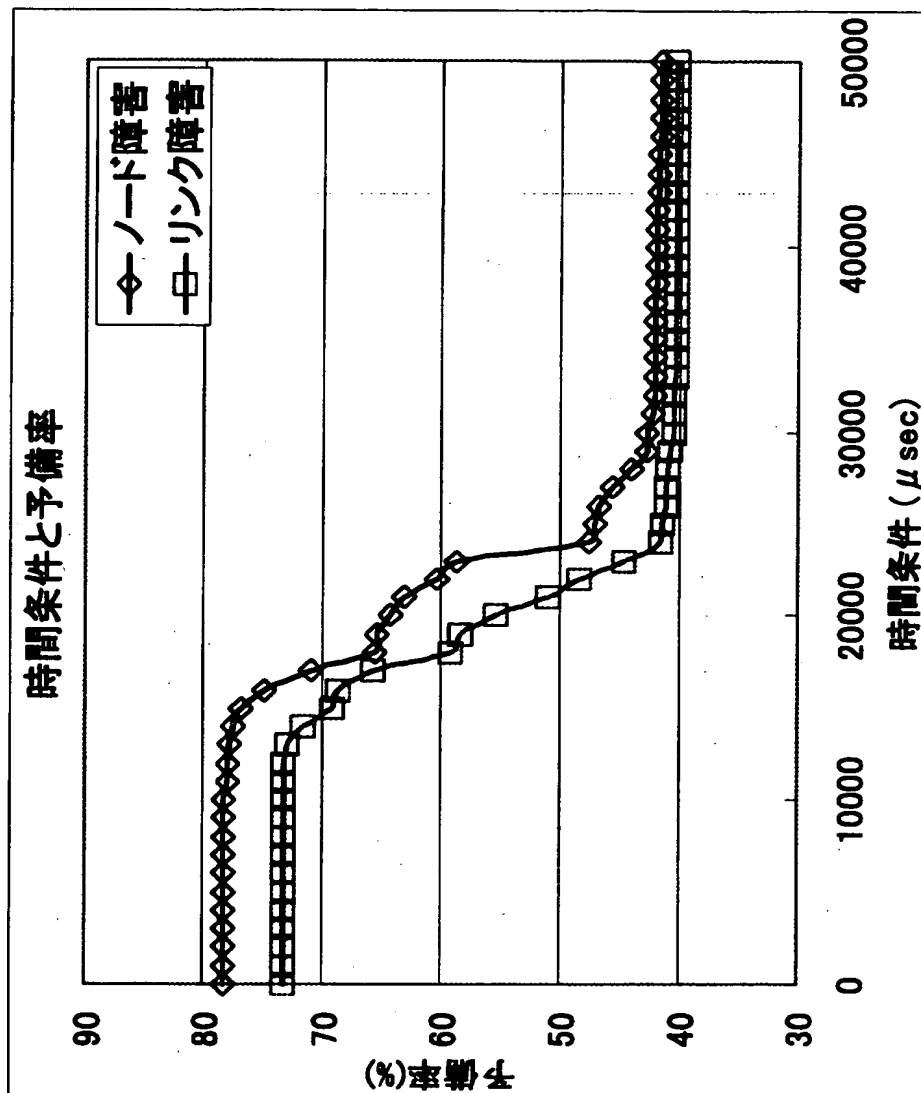
ネットワーク規模	北米	パス長3000km程度
	都市部	パス長30km程度
切替方式	光	5.0e-3 sec程度
	電気	5.0e-9 sec程度
ノードのメッセージ 処理能力(CPU能力)	'98	1.0e-3 sec程度
	'01	1.0e-4 sec程度

※光の通信遅延は4.833e-6 sec/kmで常に固定

【図16】

ネットワーク規模		都市部(小)	
切替方式	光		通信遅延 無視
	電気	切替え時間 無視	

【図 17】



【図18】

	予備率	平均通知時間	最大通知時間
時間制約有り	41.5	18.767	24.7
時間制約無し	38.0	21.836	37.1

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 各ノードへの障害通知メッセージ転送時間の制約をフラッディング時間を短縮し、高速なサービス復旧を可能とし、且つ予備波長数容量を最小とする通信ネットワークの迂回経路設計方法を提供する。

【解決手段】 複数のノードを接続して構成される通信ネットワークの各ノードに迂回経路情報を予め設定しておき、単一リンク障害または単一ノード障害が発生した場合、障害検知ノードが障害箇所情報を含む障害通知メッセージを各ノードに転送し、障害通知メッセージを受信したノードが並列に経路を切り替える通信ネットワークの迂回経路設計方法であって、障害検出ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の迂回経路を探索し、ついで、前記探索されたメッセージを転送する時間が最小の迂回経路に対し、異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能であり、且つ与えられた時間上限以内で経路切り替えが可能な迂回経路に更新する。

【選択図】 図 7

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-080087
受付番号	50100397199
書類名	特許願
担当官	大竹 仁美 4128
作成日	平成13年 3月27日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000005223
【住所又は居所】	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
【氏名又は名称】	富士通株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】	100094514
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-9-5 第三東 昇ビル3階 林・土井 国際特許事務所
【氏名又は名称】	林 恒徳

【代理人】

【識別番号】	100094525
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-9-5 第三東 昇ビル3階 林・土井 国際特許事務所
【氏名又は名称】	土井 健二

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005223]

1. 変更年月日

1996年 3月26日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名

富士通株式会社